

氏名 張 一 民

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 工 学

学位授与番号 博甲第2346号

学位授与の日付 平成14年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科物質科学専攻

(学位規則第4条第1項該当)

学位論文の題目 レーザ溶融凝固表面改質層の相分離と界面形成

論文審査委員 教授 飛田 守孝 教授 阿部 武治 教授 高田 潤

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は炭素鋼S45C、ステンレス、アルミニウム合金基板上に塗布したNi基合金粉末をレーザ溶融させた表面改質凝固層の組織制御に関する基礎的研究である。まず、S45Cのみをレーザ溶融した場合の凝固層の組織変化を観察するとともに急峻な温度履歴をシミュレーションして両者の関連を明らかにした。この温度履歴を受けたNi基合金溶融改質層の接合界面と相分離に及ぼす添加WCの影響を中心に、凝固過程と改質効果を系統的に検討するとともに、基板の種類による凝固機構の変化を調べた。

レーザ溶融凝固改質層は、熱影響領域、接合界面、溶融領域から成り立っている。融点と熱伝導性の異なる基板に対して、溶融凝固したNi基合金は基板に応じた接合界面を構成し、各領域で特徴ある組織を形成する。

S45C基板では、改質用Ni基合金は熱影響領域中にマルテンサイト相の形成を促すと共に、接合界面の γ 相がマルテンサイト相の[110]方向エピタキシャル成長することを見出した。凝固中に進行する固液界面は、Ni基合金によって、平坦な改質層接合界面へと顕在化する。この界面厚さは偏析特性長と関係のあることを指摘した。WCの添加は界面を不安定化させ過冷を促し、微細な共晶領域を形成させることが分かった。さらに、レーザ重ね溶融が、より広い面積の表面改質に備える組織改善法として有望であることが分かった。

Ni基合金の組成に近く、低い熱伝導性のステンレス基板では、明確な界面は構成されず、接合部近傍で微細な γ 等軸結晶粒からなる界面が生ずることを明らかにした。低融点、低密度、高熱伝導性のアルミ合金基板の場合、明瞭な接合界面は形成されずに狭い微細粒共晶帯が直接形成されるが、顕著な対流のためにAlの影響が表面にまで現れ、そのことが表面の硬さを低下させる。

論文審査結果の要旨

レーザによる表面改質法は、新しい改質法としてのみならず、環境負荷軽減のために、必要な所に必要なだけの改質を施す有効な方法としても注目されている。レーザ熱が引き起こす急速加熱と冷却がもたらす温度履歴は金属組織を大きく支配し、基板の化学的・機械的性質を著しく変化させる。従来はレーザ改質の効果のみに目が注がれ、その成因となる熔融凝固及び熱影響部における微細組織と接合界面形成機構には十分な検討がなされてこなかった。本研究は炭素鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金基板上に塗布したNi基合金粉末をレーザ熔融させた表面改質層の組織制御に関する基礎的研究である。

本論文では、まず炭素鋼 (S45C)のみをレーザ熔融した場合の組織変化観察と急峻な温度履歴シミュレーションとの関連を明らかにした。この温度履歴をうけるNi基合金熔融改質層の相分離と接合界面の形成過程とそれらに及ぼす添加WCの影響を中心に凝固過程と改質効果を上記3種の基板について調べた。

S45C基板では、改質用Ni合金は熱影響領域にマルテンサイト相の形成を促し、接合界面はNi基 γ 相としてマルテンサイトの $\langle 110 \rangle$ 方向にエピタキシャル成長する。それは固液界面の凝固進行に伴い形成される $2\mu\text{m}$ 程度の厚さの膜状単結晶となっている。この厚さは偏析特性長と関係のあることを指摘した。WCの添加は界面を不安定化させ過冷を促し、界面直上部に微細共晶のみの領域(厚さ $\sim 200\mu\text{m}$)を出現させることを明らかにした。さらに、レーザ重ね熔融が、より広い面積の表面改質に備える組織改善法として有望であることを示した。

Ni基合金の組成に近く、低い熱伝導性のステンレス鋼基板では、明確な界面は構成されないが、接合部近傍で微細な γ 等軸晶粒からなる薄い領域が生ずることを明らかにした。低融点、低密度、高熱伝導性のアルミ合金基板の場合、明瞭な接合界面は形成されずに狭い微細粒共晶帯が直接形成されるが、顕著な対流のために下部基板Alの影響が表面にまで現れ、そのことが改質効果を低下させることを明らかにした。

このように本論文は、レーザ熔融凝固改質層の熱影響領域、接合界面、熔融領域における特徴ある組織を代表的な基板材料に対して金属学的に詳細に調べ、それが熱履歴シミュレーション結果から予想される組織変化とよく対応することを明らかにした。これらのことは学術的のみならず、今後のレーザ表面改質法の活用に大きな指針を与えるものであり、その意義は大きい。よって本論文は博士の学位に十分値するものと認める。